

文章编号:0253-9985(2012)05-0736-07

川东北开江-梁平陆棚两侧飞仙关组储层特征

杨莹莹^{1,2}, 李国蓉^{1,2}, 邓勇³

[1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059;

2. 成都理工大学 能源学院, 四川 成都 610059; 3. 中海石油(中国)有限公司 湛江分公司 研究院, 广东 湛江 524057]

摘要:川东北环开江-梁平陆棚地区是我国重要的油气勘探区域之一,该地区储层分布极为复杂,储集性差异很大。为此,基于前人已有工作,根据高分辨率层序地层学原理,综合地震、测井、岩相、露头及薄片等资料,对飞仙关组储集层特征进行了描述。以层序体系域为单元,在单井高频层序地层划分和对比的基础上,建立了高精度的层序地层格架,并在层序地层格架内等时、动态地揭示了滩体发育特征及控制因素。以普光、元坝两个典型区块为代表,建立了开江-梁平陆棚两侧飞仙关组储层的精细结构模式。研究表明,普光区块储层纵向上可连续发育,横向上有较好的连续性,储层的孔渗性相对较好;元坝区块储层纵向厚度较小,往往靠高频层序的上部和顶部发育,储层总体孔渗性较差。进一步在层序框架内探讨储层的发育分布,对该区域飞仙关组的油气勘探开发具有重要的指导意义。

关键词:储层;层序地层学;飞仙关组;开江-梁平陆棚;川东北地区

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

Reservoir characteristics of the Feixianguan Formation in Kaijiang-Liangping continental shelf flanks, northeastern Sichuan Basin

Yang Yingying^{1,2}, Li Guorong^{1,2} and Deng Yong³

(1. State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology,

Chengdu, Sichuan 610059, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan 610059, China;

3. Research Centre, Zhanjiang Branch, CNOOC, Zhanjiang, Guangdong 524057, China)

Abstract: Kaijiang-Liangping continental shelf in northeastern Sichuan Basin is an important area for petroleum exploration in China. Reservoir distribution is very complicated and the reservoir quality is greatly variable. Based on the previous research, this paper described the reservoir characteristics of the Feixianguan Formation by using high-resolution sequence stratigraphy and integrating various data such as seismic, logging, lithofacies, outcrop and thin section data. On the basis of high-frequency sequence stratigraphy division and correlation of single well, a high resolution sequence framework was established with system tract as the unit. The development features and factors controlling bank facies reservoirs rocks were analyzed within the framework. Taking Puguang and Yuanba blocks as the case study, we established the fine structure pattern for reservoirs in the Feixianguan Formation. The reservoirs in the Puguang gas field are thick in vertical and continuous in lateral, and have good porosity and permeability. In contrast, the reservoirs in the Yuanba gas field are thin in vertical, commonly occur at the upper or top of the high-frequency sequences, and have poor porosity and permeability as a whole. The further study of reservoir development and distribution within the high-resolution stratigraphic framework is of great significance to the exploration and development in the Feixianguan Formation.

收稿日期:2012-05-12;修订日期:2012-08-13。

第一作者简介:杨莹莹(1985—),女,硕士,储层地质学与储层地球化学。

基金项目:国家科技重大专项(2008ZX05005002)。

Key words: reservoir, sequence stratigraphy, Feixianguan Formation, Kaijiang-Liangping continental shelf, north-eastern Sichuan

川东北地区位于米仓山-大巴山山脉前缘,地处大巴山弧形断褶带与川东弧形褶皱带的交汇部位。近年来,在川东北地区的飞仙关组鲕滩沉积相区域,油气勘探工作取得了重大突破,在环开江-梁平陆棚地区^[1-2],发现的油气探明储量累计超过了 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[3],使得川东北地区逐渐成为我国又一个重要的天然气勘探区域。然而,川东北地区储层情况复杂,下三叠统飞仙关组沉积期主要受开江-梁平陆棚控制,历经潮湿向干旱气候环境过渡,也经历了由陆表海向台地的转换,川东北地区还经历过中三叠世末的早印支运动、晚侏罗世末的中燕山运动及古近纪的早喜马拉雅运动^[4],造成该区域储层分布极为复杂,因而有必要针对川东北地区开江-梁平陆棚两侧地带^[5-11],即含普光、元坝构造带的储层分布特征进行深入研究。

1 储层结构特征

早三叠世,开江-梁平陆棚的西北与广旺海槽相连,向南东延伸至城口鄂西海槽,将川东北地区飞仙关组早期分为台盆相间的两台-两凹式沉积格局^[12]。其中,开江-梁平陆棚区低水位体系域发育,其西侧相对较缓,东侧相对较陡,这种地形上的差异造就了陆棚两侧储层发育分布上的差异。本文通过该地区典型地区解剖工作,发现川东北地区的储层结构模式大体分两类,即陡坡高台缘模式和缓坡低台缘模式。

1.1 陡坡高台缘模式

飞仙关组沉积时期,在开江-梁平陆棚的东侧,台地的陡边缘,沉积地形较高,滩体呈披盖式加积生长,向台地内侧扩展,可受到强烈的白云石化作用改造,不仅潮坪沉积物发生白云石化形成白云岩,台缘滩也强烈白云石化形成白云岩;同时具有强烈的埋藏溶蚀作用,其特征多为非选择性溶蚀,可形成超大孔隙,在镜下可见到溶蚀孔隙边缘没有沥青充填痕迹,对储层物性具有极大的改善作用。该储层结构模式以普光区块最为典型。

根据普光地区的地质背景 and 实际钻井资料建

立川东北地区的陡坡高台缘储层精细结构模式图(图1),从该模式图上发现:储层的发育位置主要为台地边缘,且向台地内侧逐渐延伸。沉积相为滩相和潮坪相,且以滩相为主。气候在飞仙关组下层序地层沉积时期较潮湿,储层在三级层序高水位体系域发育,可持续至高水位体系域顶部;受陡坡型台缘控制,储层纵向上可连续发育,横向上有较好的连续性。气候在飞仙关组上层序地层沉积时期转为干旱,储层在高水位体系域下部以及海侵体系域较发育。然而,受陆表海台地内部地形影响,储层多孤立分布;在高频层序地层沉积期间,台缘的储层可在整个高频层序或多个高频层序中连续发育,局部存有的致密薄层隔层,往往出现在高频层序底部。储层物性资料的统计分析也表明该层位储层的孔渗性相对较好,且台缘的滩相云岩储层明显好于潮坪相云岩储层(图2)。

1.2 缓坡低台缘模式

飞仙关组沉积时期,在开江-梁平陆棚的西侧,碳酸盐岩台地边缘,滩体呈进积式向陆棚-盆地地区推进,地壳上升速率相对较小,台缘所处位置较低,缺乏与海水蒸发浓缩有关的白云石化作用改造,滩相沉积物未白云石化成白云岩,受晚期溶蚀作用改造也相对较弱,在深埋环境下,由于气藏环境的封闭性,碳酸盐易溶产物易于达到过饱和而发生沉淀充填临近孔隙,因此形成有效的储层次生孔隙的数量有限,对储集空间物性改善不大。该模式的建立以元坝区块台地边缘滩相储层为代表。

依据该区地质背景和实际钻井资料建立储层精细结构模式(图3),认为储层主要在台地边缘发育,向斜坡-陆棚相区进积式展布特征明显;仅发育滩相颗粒灰岩储层,且储层纵向厚度较小,单层较薄;受潮湿气候背景控制,储层仍主要在三级层序高水位体系域发育,可持续至高水位体系域上部和顶部,就高频层序而言,储层往往靠高频层序的上部和顶部发育,高频层序的下部往往为非储层或差储层发育层段。通过对储层的物性资料进行统计分析,发现储层总体孔渗性较差(图4)。

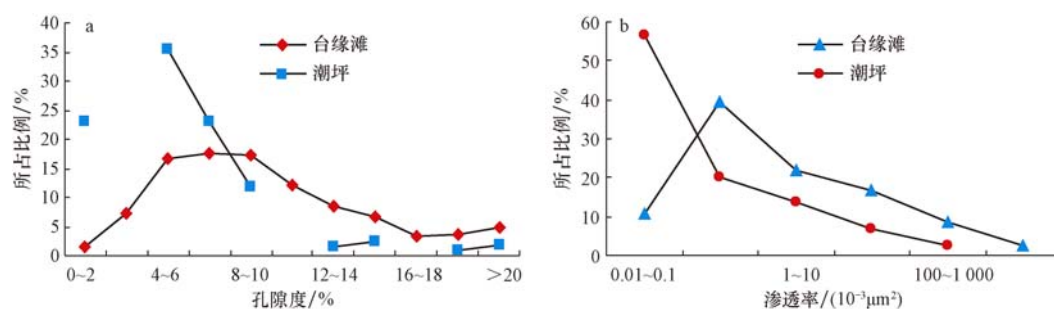


图2 普光区块飞仙关组不同类型储层孔渗分布

Fig. 2 Porosity and permeability distribution of different types of reservoirs in the Feixianguan Formation in Puguang area

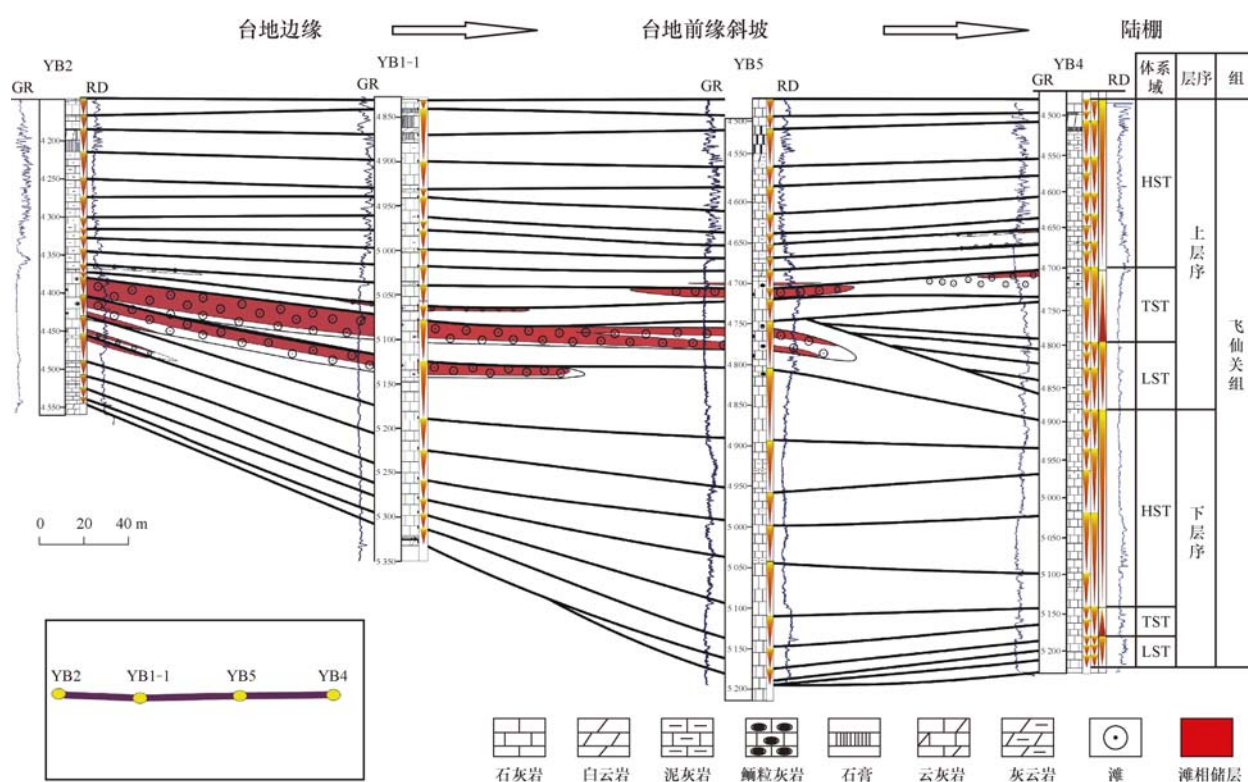


图3 元坝地区飞仙关组缓坡低台缘储层精细结构模式

Fig. 3 Fine structure pattern of the reservoirs in the Feixianguan Formation at the edges of low platforms on gentle slope in Yuanba area

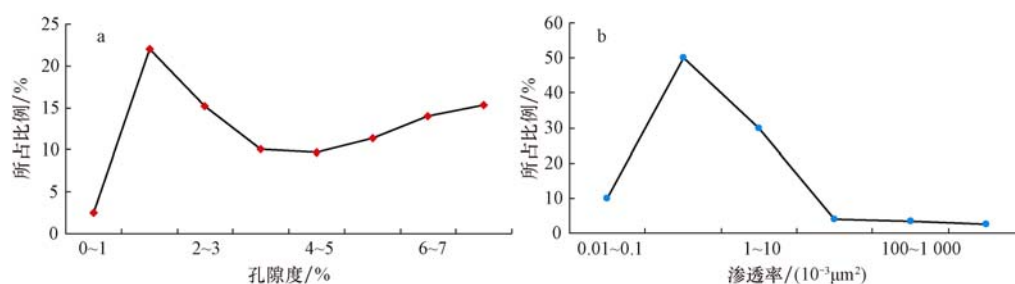


图4 元坝地区飞仙关组滩相储层岩心孔隙度、渗透率分布

Fig. 4 Porosity and permeability distribution of reservoirs of bank facies in the Feixianguan Formation in Yuanba area

2 储层发育分布特征

川东北的飞仙关组储层沉积时期,在开江-梁平陆棚两侧主要发育两个三级层序,由下至上依次为下层序和上层序。这两个层序沉积时期的气候与沉积格局有着显著差异^[13-15]。于此,本文尝试在层序框架内探讨储层发育分布及受控因素。

2.1 下层序储层特征

飞仙关组下层序沉积时期,主要发育的储层类型有3种,即滩相颗粒云岩、滩相颗粒灰岩和潮坪相云岩。不同的储层类型有着不同的油气储集能力,这直接影响到油气的勘探开发效益。因而,本文综合测井、钻井、露头以及物性等资料对储层发育分布区域进行分类评价,该区域可以初步划分为4大类(图5),下面将对这些不同类型的区域分别进行说明。

I类区域:处于开江-梁平陆棚东侧环台地边

缘区域。该区域的东部台地边缘台缘滩发育,以滩相颗粒云岩为主,局部发育滩相灰岩和潮坪相云岩。储层横向分布较广,纵向上的连续厚度较大,储层累计厚度60~290 m,平均厚度在100 m以上;且白云石化和溶蚀作用改造强烈,储层孔渗性好;该类储层的储集性能较好。

II类区域:处于开江-梁平陆棚西侧的台地边缘区域。该区域的西侧台地边缘滩体仍较为发育,主要发育滩相灰岩溶蚀孔隙型储层。储层横向分布较广,但在纵向上的厚度明显偏小,储层累计厚度10~60 m,物性相对较差,该类储层的储集性能也相对较差。

III类区域:处于开江-梁平陆棚东侧台地内部。该区域的东部台地内部可向局限台地演化,仍发育台内滩和潮坪相白云岩。主要发育滩相云岩储层和潮坪相云岩储层,储层累计厚度20~30 m,储层物性较差,该类储层的储集性能较差。

IV类区域:处于开江-梁平陆棚西侧台地内部。该区域的西部台地内部开阔台地相带中台内

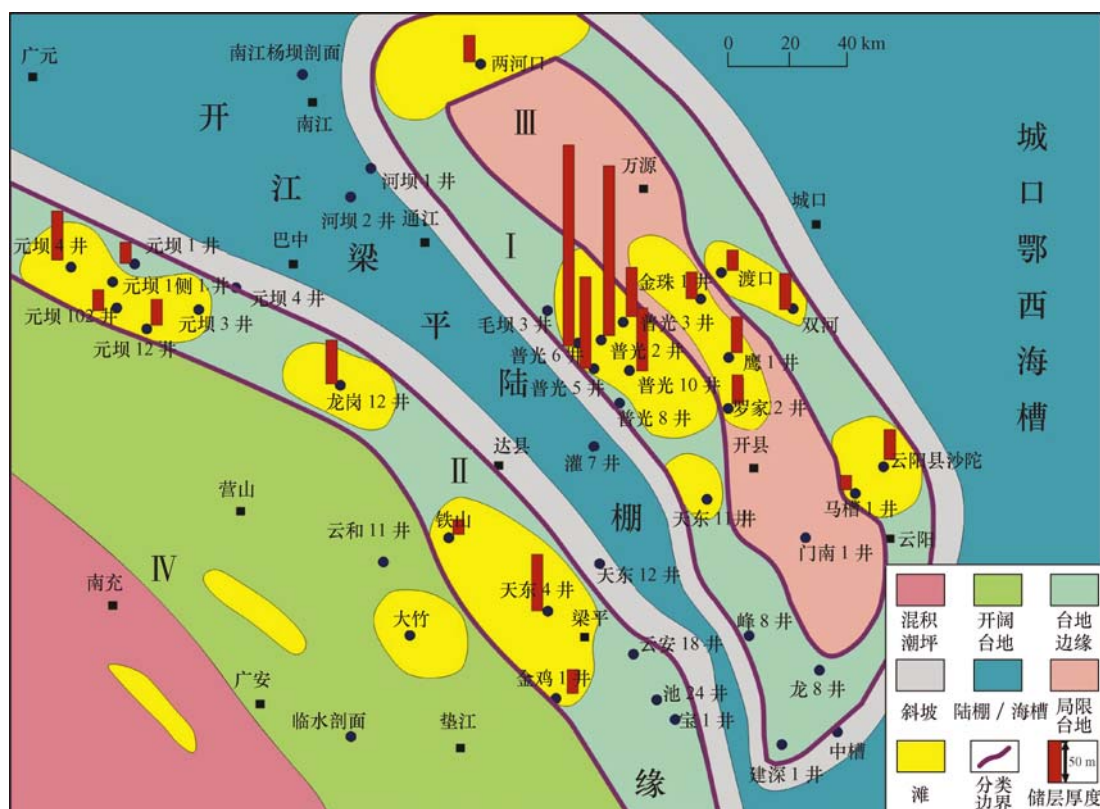


图5 川东北地区飞仙关组下层序储层分布与评价

Fig. 5 Distribution and evaluation of the reservoirs in the lower sequence of the Feixianguan Formation in northeastern Sichuan Basin

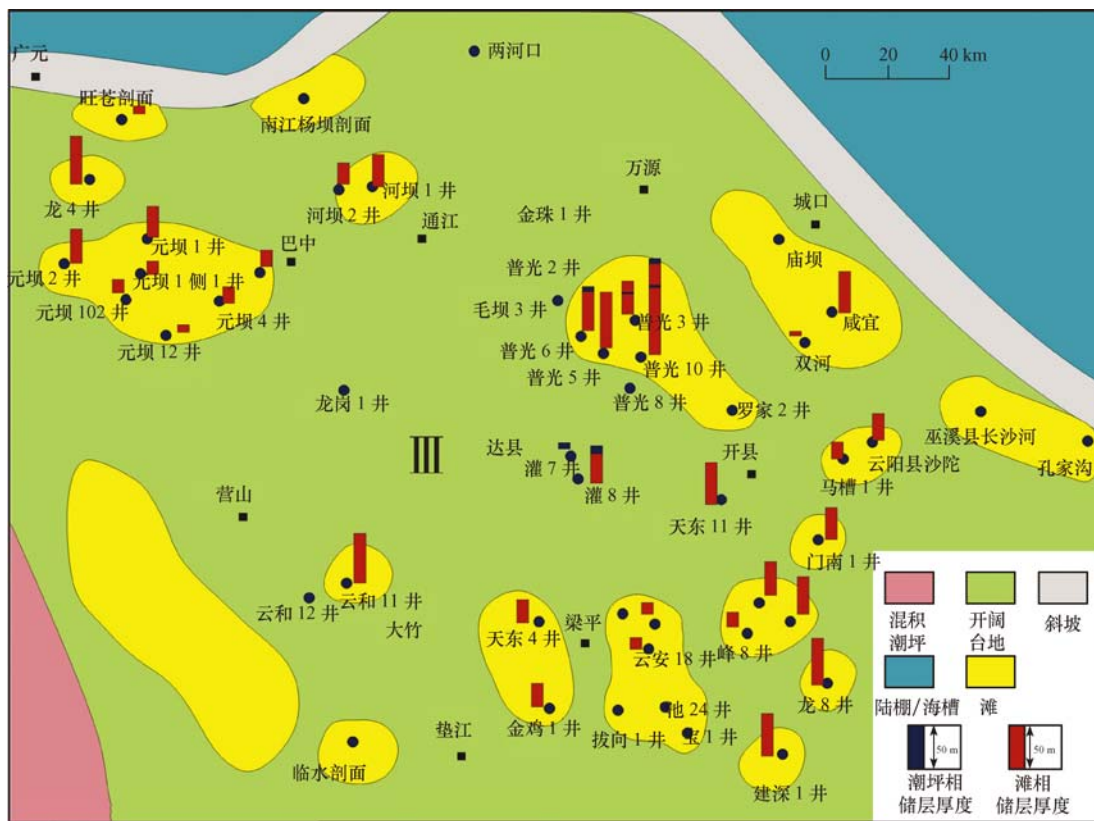


图6 川东北地区飞仙关组上层序储层分布与评价

Fig. 6 Distribution and evaluation of the reservoirs in the upper sequence of the Feixianguan Formation in northeastern Sichuan Basin

滩较为发育,但规模相对较小,主要发育滩相灰岩储层,储层累计厚度小于20 m,储层物性差。

2.2 上层序储层特征

在飞仙关组上层序地层沉积时期,主要发育的储层类型有3种,即发育滩相颗粒灰岩、滩相颗粒云岩和潮坪相云岩。其中滩相灰岩储层尤为发育,储层累计厚度多在20~40 m左右变化,储层物性较差,构成飞仙关组储层发育的Ⅲ类区域(图6)。

3 结论

1) 气候背景控制了川东北开江-梁平陆棚两侧飞仙关组的滩体差异发育及其在层序中的位置;台地边缘类型、台地部位及台地类型控制着滩体的生长展布,不同时期地层控制礁滩体平面展布的主控因素不同。

2) 该区域飞仙关组储层大体可以分为陡坡

高台缘和缓坡低台缘两类储层模式;飞仙关组下层序储层按储集性能在区域上可分为4类,飞仙关组上层序储层的开阔台地相带在区域上可构成储层相对发育的Ⅲ类区域。

参 考 文 献

- [1] 王一刚,洪海涛,夏茂龙,等. 四川盆地二叠,三叠系环海槽礁,滩富气带勘探[J]. 天然气工业,2008,28(1):22-27.
Wang Yigang, Hong Haitao, Xia Maolong, et al. Exploitation of reef-bank gas reservoirs surrounding Permian and Triassic troughs in Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(1):22-27.
- [2] 马永生,牟传龙,谭钦银,等. 关于开江-梁平海槽的认识[J]. 石油与天然气地质,2006 27(3):327-331.
Ma Yongsheng, Mou Chuanlong, Tan Qingyin, et al. A discussion on Kaijiang-Liangping ocean trough[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(3):327-331.
- [3] 马永生,傅强,郭彤楼,等. 川东北地区普光气田长兴-飞仙关气藏成藏模式与成藏过程[J]. 石油实验地质,2005, 27(5):455-461.
Ma Yongsheng, Fu Qiang, Guo Tonglou, et al. Pool forming pattern and process of the upper Permian lower Triassic, the Pu-

- guang gas field, northeast Sichuan Basin, China [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2005, 27 (5): 455 – 461.
- [4] 郭正吾, 邓康龄, 韩永辉, 等. 四川盆地形成与演化 [M]. 北京: 地质出版社, 1996.
- Guo Zhengwu, Deng Kangling, Han Yonghui, et al. The formation and development of Sichuan basin [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996.
- [5] 郭彤楼. 川东北地区飞仙关组鲕滩储层成岩作用——以宣汉—达县及元坝区块为例 [J]. *石油与天然气地质*, 2010, 31 (5): 620 – 631.
- Guo Tonglou. Diagenesis of the Feixianguan oolitic shoal reservoirs in the northeastern Sichuan Basin—examples from Xuanhan-Daxian and Yuanba areas [J]. *Oil & Gas Geology*, 2010, 31 (5): 620 – 631.
- [6] 王正和, 郭彤楼, 谭钦银, 等. 四川盆地东北部长兴组—飞仙关组各沉积相带储层特征 [J]. *石油与天然气地质*, 2011, 32 (1): 56 – 63.
- Wang Zhenghe, Guo Tonglou, Tan Qinyin, et al. Reservoir characteristics of different sedimentary facies in the Changxing and Feixianguan Formations, northeast of the Sichuan Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2011, 32 (1): 56 – 63.
- [7] 陈琪, 胡文瑄, 李庆, 等. 川东北盘龙洞长兴组—飞仙关组白云岩化特征及成因 [J]. *石油与天然气地质*, 2012, 33 (1): 84 – 93.
- Chen Qi, Hu Wenxuan, Li Qing, et al. Characteristics and genesis of dolomitization in Changxing and Feixianguan Formations in Panlongdong, northeastern Sichuan Basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2012, 33 (1): 84 – 93.
- [8] 管宏林, 蒋小琼, 王恕一, 等. 普光气田与建南气田长兴组、飞仙关组储层对比研究 [J]. *石油实验地质*, 2010, 32 (2): 130 – 135.
- Guan Honglin, Jiang Xiaoqiong, Wang Shuyi, et al. A comparative study of reservoirs of the Changxing and Feixianguan Formation between Puguang gasfield and Jiannan gasfield in the Sichuan Basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2010, 32 (2): 130 – 135.
- [9] 徐胜林, 陈洪德, 林良彪, 等. 川东南地区飞仙关组碳酸盐岩储层特征 [J]. *断块油气田*, 2010, 17 (1): 19 – 23.
- Xu Shenglin, Chen Hongde, Lin Liangbiao, et al. Characteristics of carbonate rock reservoir of Feixianguan Formation in southeastern Sichuan Basin [J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2010, 17 (1): 19 – 23.
- [10] 李力, 孙耀庭, 陈建. 普光气田飞仙关组和长兴组测井解释方法 [J]. *断块油气田*, 2011, 18 (4): 508 – 511.
- Li Li, Sun Yaoting, Chen Jian. Well logging interpretation method for Feixianguan and Changxing Formations in Puguang Gas Field [J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2011, 18 (4): 508 – 511.
- [11] 夏明军, 曾大乾, 邓瑞建, 等. 普光气田长兴组台地边缘礁、滩沉积相及储层特征 [J]. *天然气地球科学*, 2009, 20 (8): 549 – 557.
- Xia Mingjun, Zeng Daqian, Deng Ruijian, et al. Reef and shallow facies and reservoir characteristics in Changxing Formation platform margin, Puguang Gas Field [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2009, 20 (8): 549 – 557.
- [12] 钟怡江, 陈洪德, 林良彪, 等. 川东北地区长兴组—飞仙关组沉积体系分析 [J]. *石油物探*, 2010, 49 (5): 529 – 530.
- Zhong Yijiang, Chen Hongde, Lin Liangbiao, et al. Depositional system of Changxing—Feixianguan period in Northeastern Sichuan Basin [J]. *Geophysical Prospecting for petroleum*, 2010, 49 (5): 529 – 530.
- [13] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势 [J]. *石油与天然气地质*, 2010, 31 (5): 535 – 541.
- Jiang Zaixing. Studies of depositional systems and sequence stratigraphy: the present and the future [J]. *Oil & Gas Geology*, 2010, 31 (5): 535 – 541.
- [14] 毛立华, 钟建华, 李卫兵, 等. 普光气田层序地层格架与储层发育特征 [J]. *断块油气田*, 2010, 17 (3): 312 – 315.
- Mao Lihua, Zhong Jianhua, Li Weibing, et al. Sequence stratigraphic framework and reservoir developmental features of Puguang Gas Field [J]. *Fault-Block Oil & Gas Field*, 2010, 17 (3): 312 – 315.
- [15] Van Wagoner J C, Posaentier H W, Mitchum R M, 等. 层序地层学基础综述和关键定义 [C] // 威尔格斯 C K. 层序地层学原理: 海平面变化综合分析. 徐怀大, 译. 北京: 石油工业出版社, 1993: 49 – 55.
- Van Wagoner J C, Posaentier H W, Mitchum R M, et al. Basic review and key definition of sequence stratigraphy, Principles of sequence stratigraphy [C] // Wilgus C K. The comprehensive analysis of sea level changes. Xu Huaida, translated. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 49 – 55.

(编辑 张亚雄)